

09/337,040
mitsuru Sugita, et al
filed 6/28/99

CFE 2864 US (2/4)
184239/1998

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 1998年 6月30日

出 願 番 号
Application Number: 平成10年特許願第184239号

出 願 人
Applicant (s): キヤノン株式会社

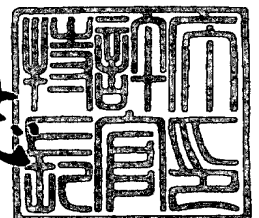


RECEIVED
NOV - 9 1999
TC 1700 MAIL ROOM

1999年 7月12日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平11-3049144

【書類名】 特許願

【整理番号】 3776028

【提出日】 平成10年 6月30日

【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 露光方法及び露光装置

【請求項の数】 25

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社
内

 【氏名】 杉田 充朗

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

 【氏名又は名称】 キャノン株式会社

 【代表者】 御手洗 富士夫

 【電話番号】 03-3758-2111

【代理人】

 【識別番号】 100069877

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社
内

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 丸島 儀一

 【電話番号】 03-3758-2111

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 011224

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

特平 10 - 184239

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703271

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光方法及び露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同一のマスクパターンを照明条件及び投影光学系の空間周波数通過スペクトルとを変えて照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする露光方法。

【請求項 2】 同一のマスクパターンを投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で小 σ （シグマ）と大 σ とで照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする露光方法。

【請求項 3】 同一のマスクパターンを投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で小NA（開口数）と大NAとで照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする露光方法。

【請求項 4】 同一のマスクパターンに投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で斜め照明と垂直照明を行なって共通の被露光領域に投影することを特徴とする露光方法。

【請求項 5】 前記マスクパターンは、使用する露光装置の解像限界以下の線幅を持つ開口パターンを有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一つに記載の露光方法。

【請求項 6】 前記開口パターンは複数個並んでいることを特徴とする請求項 5 に記載の露光方法。

【請求項 7】 マスクパターンは位相シフトパターンを有することを特徴とする請求項 5 に記載の露光方法。

【請求項 8】 前記投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えるために前記投影光学系の開口絞りの開口形状及び／又は透過率分布を変えることを特徴とする請求項 1-4 のいずれかに記載の露光方法。

【請求項 9】 KrFエキシマレーザー、ArFエキシマレーザー又はF2エキシマレーザーから光で前記マスクパターンを照明することを特徴とする請求項 1-8 のいずれかに記載の露光方法。

【請求項 10】 屈折系、反射-屈折系、又は反射系のいずれかより成る投影光学系によって前記マスクパターンを投影することを特徴とする請求項 1-8 のいずれかに記載の露光方法。

【請求項 11】 前記被露光領域を途中で現像することなく各照明条件で順次露光することを特徴とする請求項 1-10 に記載の露光方法。

【請求項 12】 前記被露光領域を前記各照明条件で各照明条件における光が互いに干渉しない状態で同時に露光することを特徴とする請求項 1-10 に記載の露光方法。

【請求項 13】 同一のマスクパターンを投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で照明条件を変えて照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 14】 同一のマスクパターンを投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で小 σ （シグマ）と大 σ とで照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 15】 同一のマスクパターンを投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で小NA（開口数）と大NAとで照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 16】 同一のマスクパターンに投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で斜め照明と垂直照明を行なって共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 17】 前記マスクパターンは、使用する露光装置の解像限界以下の線幅を持つ開口パターンを有することを特徴とする請求項 14 乃至請求項 16 のいずれか一つに記載の露光装置。

【請求項 18】 前記開口パターンは複数個並んでいることを特徴とする請求項 17 に記載の露光方法。

【請求項 19】 マスクパターンは位相シフトパターンを有することを特徴とする請求項 17 に記載の露光装置。

【請求項 20】 前記投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えるために前記投影光学系の開口絞りの開口形状及び／又は透過率分布を変えることを特

徴とする請求項 12-16 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 21】 KrFエキシマレーザー、ArFエキシマレーザー又はF2エキシマレーザーから光で前記マスクパターンを照明することを特徴とする請求項 13-20 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 22】 屈折系、反射-屈折系、又は反射系のいずれかより成る投影光学系によって前記マスクパターンを投影することを特徴とする請求項 13-20 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 23】 前記被露光領域を途中で現像することなく各照明条件で順次露光することを特徴とする請求項 12-22 に記載の露光装置。

【請求項 24】 前記被露光領域を前記各照明条件で各照明条件における光が互いに干渉しない状態で同時に露光することを特徴とする請求項 13-22 に記載の露光装置。

【請求項 25】 請求項 13-24 のいずれに記載の露光装置を用いてデバイスパターンでウエハを露光する段階と、露光したウエハを現像する段階とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、露光方法及び露光装置に関し、特に微細な回路パターンを感光基板上に露光する露光方法および露光装置に関し、本発明の露光方法及び露光装置は、例えば IC、LSI 等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、CCD 等の撮像素子といった各種デバイスの製造に用いられる。

【0002】

【従来の技術】

従来より、IC、LSI、液晶パネル等のデバイスをフォトリソグラフィ技術を用いて製造する時には、フォトマスク又はレチクル等（以下、「マスク」と記す。）の回路パターンを投影光学系によってフォトレジスト等が塗布されたシリコンウエハ又はガラスプレート等（以下、「ウエハ」と記す。）の感光基板上に投影し、そこに転写する（露光する）投影露光方法及び投影露光装置が使用さ

れている。

【0003】

上記デバイスの高集積化に対応して、ウエハに転写するパターンの微細化即ち高解像度化とウエハにおける1チップの面積化とが要求されており、従ってウエハに対する微細加工技術の中心を成す上記投影露光方法及び投影露光装置においても、現在、 $0.5\mu\text{m}$ 以下の寸法（線幅）の像を広範囲に形成するべく、解像度と露光面積の向上が計られている。

【0004】

従来の投影露光装置の模式図を図15に示す。図15中、191は遠紫外線露光用光源であるエキシマレーザ、192は照明光学系、193は照明光、194はマスク、195はマスク194から出て光学系196に入射する物体側露光光、196は縮小投影光学系、197は光学系196から出て基板198に入射する像側露光光、198は感光基板であるウエハ、199は感光基板を保持する基板ステージを、示す。

【0005】

エキシマレーザ191から出射したレーザ光は、引き回し光学系によって照明光学系192に導光され、投影光学系192により所定の光強度分布、配光分布、開き角（開口数NA）等を持つ照明光193となるように調整され、マスク194を照明する。

【0006】

マスク194にはウエハ198上に形成する微細パターンを投影光学系192の投影倍率の逆数倍（例えば2倍や4倍や5倍）した寸法のパターンがクロム等によって石英基板上に形成されており、照明光193はマスク194の微細パターンによって透過回折され、物体側露光光195となる。

【0007】

投影光学系196は、物体側露光光195を、マスク194の微細パターンを上記投影倍率で且つ充分小さな収差でウエハ198上に結像する像側露光光197に変換する。像側露光光197は図19の下部の拡大図に示されるように、所定の開口数NA（ $=\sin\theta$ ）でウエハ198上に収束し、ウエハ198上に微細パターンの像を結ぶ。

【0008】

基板ステージ199は、ウエハ198の互いに異なる複数の領域（ショット領域：1個又は複数のチップとなる領域）に順次微細パターンを形成する場合に、投影光学系の像平面に沿ってステップ移動することによりウエハ198の投影光学系196に対する位置を変える。

【0009】

しかしながら、現在主流の上記のエキシマレーザを光源とする投影露光装置は、 $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成することが困難である。

【0010】

投影光学系196は、露光（に用いる）波長に起因する光学的な解像度と焦点深度との間のトレードオフによる解像度の限界がある。投影露光装置による解像パターンの解像度 R と焦点深度 DOF は、次の(1)式と(2)式の如きレーリーの式によって表される。

【0011】

$$R = k_1 (\lambda / \text{NA}) \quad \dots\dots (1)$$

$$\text{DOF} = k_2 (\lambda / \text{NA}^2) \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 λ は露光波長、 NA は投影光学系196の明るさを表す像側の開口数、 k_1 、 k_2 はウエハ198の現像プロセス特性等によって決まる定数であり、通常 $0.5 \sim 0.7$ 程度の値である。

【0012】

この(1)式と(2)式から、解像度 R を小さい値とする高解像度化には開口数 NA を大きくする「高 NA 化」があるが、実際の露光では投影光学系196の焦点深度 DOF をある程度以上の値にする必要があるため、高 NA 化をある程度以上進めることは不可能となることと、高解像度化には結局露光波長 λ を小さくする「短波長化」が必要となることとが分かる。

【0013】

ところが短波長化を進めていくと重大な問題が発生する。この問題とは投影光学系196のレンズの硝材がなくなってしまうことである。殆どの硝材の透過率は遠紫外線領域では0に近く、特別な製造方法を用いて露光装置用（露光波長約248

nm) に製造された硝材として熔融石英が現存するが、この熔融石英の透過率も波長193nm以下の露光波長に対しては急激に低下するし、 $0.15\mu\text{m}$ 以下の微細パターンに対応する露光波長150nm以下の領域では実用的な硝材の開発は非常に困難である。また遠紫外線領域で使用される硝材は、透過率以外にも、耐久性、屈折率均一性、光学的歪み、加工性等の複数条件を満たす必要があり、この事から、実用的な硝材の存在が危ぶまれている。

【0014】

このように従来の投影露光方法及び投影露光装置では、ウエハ198に $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成する為には150nm程度以下まで露光波長の短波長化が必要であるのに対し、この波長領域では実用的な硝材が存在しないので、ウエハ198に $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成することができなかった。

【0015】

米国特許第5,415,835号公報は2光束干渉露光によって微細パターンを形成する技術を開示しており、2光束干渉露光によれば、ウエハに $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成することができる。

【0016】

2光束干渉露光は、レーザからの可干渉性を有し且つ平行光線束であるレーザ光をハーフミラーによって2光束に分割し、2光束を夫々平面ミラーによって反射することにより2個のレーザ光（可干渉性平行光線束）を0より大きく90度未満のある角度を成して交差させることにより交差部分に干渉縞を形成し、この干渉縞（の光強度分布）によってウエハのレジストを露光して感光させることで干渉縞の光強度分布に応じた微細な周期パターン（露光量分布）をウエハ（レジスト）に形成するものである。

【0017】

2光束がウエハ面の立てた垂線に対して互いに逆方向に同じ角度だけ傾いた状態でウエハ面で交差する場合、この2光束干渉露光における解像度Rは次の(3)式で表される。

【0018】

$$R = \lambda / (4 \sin \theta)$$

$$= \lambda / 4 \text{ NA}$$

$$= 0.25 (\lambda / \text{NA}) \quad \dots\dots (3)$$

ここで、RはL&S(ライン・アンド・スペース)の夫々の幅即ち干渉縞の明部と暗部の夫々の幅を、 θ は2光束の夫々の像面に対する入射角度(絶対値)を表し、 $\text{NA} = \sin \theta$ である。

【0019】

通常の投影露光における解像度の式である(1)式と2光束干渉露光における解像度の式である(3)式とを比較すると、2光束干渉露光の解像度Rは(1)式において $k_1 = 0.25$ とした場合に相当するから、2光束干渉露光では $k_1 = 0.5 \sim 0.7$ である通常の投影露光の解像度より2倍以上の解像度を得ることが可能である。上記米国特許第5,415,835号公報には開示されていないが、例えば $\lambda = 0.248 \text{ nm}$ (KrFエキシマ)で $\text{NA} = 0.6$ の時は、 $R = 0.10 \mu\text{m}$ が得られる。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら2光束干渉露光は、基本的に干渉縞の光強度分布(露光量分布)に相当する単純な縞パターンしか得られないので、所望の形状の回路パターンをウエハに形成することができない。

【0021】

そこで上記米国特許第5,415,835号公報は、2光束干渉露光によって単純な縞パターン即ち2値的な露光量分布をウエハ(のレジスト)に与えた後、ある開口が形成されたマスクを用いて通常リソグラフィー(露光)を行なって更に別の2値的な露光量分布をウエハに与えることにより孤立の線(パターン)を得る「多重露光」を提案している。

【0022】

しかしながら、上記米国特許第5,415,835号公報の多重露光の方法は、2光束干渉露光用の露光装置にウエハを設置して露光した後で、別の通常露光用の露光装置にウエハを設置し直して露光を行なうので、時間がかかるという問題があった。

【0023】

本発明の目的は、比較的短い時間で多重露光が行なえる露光方法及び露光装置を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の第1の露光方法は、同一のマスクパターンを投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で照明条件を変えて照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする。

【0025】

本発明の第2の露光方法は、同一のマスクパターンを投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で小 σ （シグマ）と大 σ とで照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする。

ここで、 σ は、照明光学系のマスク側の開口数を投影光学系のマスク側の開口数で割った値である。

【0026】

本発明の第3の露光方法は、同一のマスクパターンを投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で小NA（開口数）と大NAとで照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする。ここで、NAは照明光学系のマスク側の開口数である。

【0027】

本発明の第4の露光方法は、同一のマスクパターンに投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で斜め照明と垂直照明を行なって共通の被露光領域に投影することを特徴とする。

ここで、斜め照明とは投影光学系の光軸に対して傾いた方向から照明する形態であり、垂直照明とは投影光学系の光軸に平行な方向から照明する形態である。

【0028】

本発明の第1の露光装置は、同一のマスクパターンを投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で照明条件を変えて照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする。

【0029】

本発明の第2の露光装置は、同一のマスクパターンを投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で小 σ （シグマ）と大 σ とで照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする。

ここで、 σ は、照明光学系のマスク側の開口数を投影光学系のマスク側の開口数で割った値である。

【0030】

本発明の第3の露光装置は、同一のマスクパターンを投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で小NA（開口数）と大NAとで照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする。

ここで、NAは照明光学系のマスク側の開口数である。

【0031】

本発明の第4の露光装置は、同一のマスクパターンに投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えた形で斜め照明と垂直照明を行なって共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする。

【0032】

上記の本発明の露光方法及び露光装置によれば、ある露光装置（例えばステップアンドリピート方式やステップアンドスキャン方式の縮小投影露光装置）にあるマスクを配置し、このマスクのパターン（同一のマスクパターン）に対してこの露光装置に異なる照明条件を設定することで多重露光が行なえるので、従来の2台の異なる露光装置を用いる場合に比べて多重露光に要する時間が短くなる。

【0033】

尚、上記の小 σ と大 σ の意味は各シグマの大きさの相対的な関係を意味しているだけであり、「ある σ とこの σ より大きい（或いは小さい） σ 」を意味する。同様に、上記の小NAと大NAの意味は各NAの大きさの相対的な関係を意味しているだけであり、「あるNAとこの σ より大きい（或いは小さい）NA」を意味する。

【0034】

本発明は、KrFエキシマレーザー（波長約248nm）、ArFエキシマレーザー（波長約193nm）又はF2エキシマレーザー（波長約157nm）から光で前記マスクパターンを照明する形態を含む。

【0035】

本発明は、屈折系、反射-屈折系、又は反射系のいずれかより成る投影光学系によって前記マスクパターンを投影する形態を含む。

【0036】

本発明は、前記被露光領域を途中で現像することなく各照明条件で順次露光する形態を含む。

【0037】

本発明は、前記被露光領域を前記各照明条件で各照明条件における光が互いに干渉しない状態で（例えばそれぞれ直線偏光光として互いに偏光方向を直交させる等した状態）同時に露光する形態を含む。

【0038】

本発明は、前記マスクパターンは、使用する露光装置の解像限界以下の線幅（例えば0.1 μ m付近）を持つ開口パターンを有する形態を含む。

【0039】

本発明は、前記開口パターンは複数個並んでいる（所謂繰り返しパターンである）形態を含む。

【0040】

本発明は、前記マスクパターンは例えばレベンソン型の位相シフトパターンやリム型の位相シフトパターンを有する形態を含む。

【0041】

本発明は、前記投影光学系の空間周波数通過スペクトルを変えるために前記投影光学系の開口絞りの開口形状及び／又は透過率分布を変える形態を含む。

【0042】

本発明は、上記の露光方法や露光装置及び各形態を用いてデバイスパターンでウエハを露光する段階と、露光したウエハを現像する段階とを有することを特徴

とするデバイス製造方法が提供できる。

【0043】

【発明の実施の形態】

本発明の第1の実施形態を説明する。

【0044】

第1の実施形態の従来技術に対する改良点は投影露光装置において照明光学系の照明条件と投影光学系の開口絞りとを切り替えることにある。

【0045】

本実施形態は、投影露光装置は従来から照明条件切替機構や開口絞り切換え機構を有しているので、本実施形態を実施するための装置の改良は小規模で済むという利点がある。また、多重露光に使用するマスクは、従来と同様のパターンニングを行なった又は若干の改良を施した、基本的に一枚のマスクであるため、作成コストがあまりかからない。

【0046】

本実施形態では、専用の2光束干渉計を使用しないことは勿論投影露光装置に2光束干渉専用のレベンソン型位相シフトマスクのように特殊なマスクを設置することなく、ウエハに転写すべき回路パターンが形成された通常のマスキに対して照明光学系の照明条件と投影光学系の開口絞りの形態を適宜設定することにより擬似的に「2光束干渉（微細な干渉縞の形成）」を達成する。

【0047】

本実施形態の多重露光の原理は、照明条件によるマスクパターンの空間周波数スペクトルの制御と投影光学系の開口絞りによるマスクパターンの空間周波数スペクトルの制御を組み合わせることによって、マスクから2光束干渉が実質的に生じるような空間周波数成分を抽出してマスクに含まれる通常露光では解像できない極微細な線パターン（の繰り返しパターン）を当該パターンに最適な当該2光束干渉によって独立にウエハのレジストを露光してそこに周期的な潜像を形成する一方、同一のマスクパターンでウエハのレジストに通常露光を行なった結果の潜像を重ねて形成し（潜像形成の順番は逆でも可）、積算された潜像（積算された露光量分布）を元に現像を行って所望の回路パターンを得るというもの

である。

【0048】

この多重露光法によれば、1マスク内に含まれる多様な微細パターンをそれぞれ投影露光装置の限界能力を用いて露光可能となり、単純な一露光で制限されていた投影露光装置の能力を最大限引き出すことができる。

【0049】

例えば、KrFエキシマレーザ（波長約248nm）と像側の開口数（NA）0.6の投影レンズ系とを用いた投影露光装置で、線幅0.1 μm のパターン（像）をシリコンウエハのレジスト上の露光（潜像形成）することも可能であり、この線幅は現在この種の装置の限界とされている最小焼付け線幅0.2 μm の1/2の線幅であり、約2倍の解像度が得られることになる。

【0050】

図2に本多重露光法の基本的なフローチャートを示す。

【0051】

図2に示すとおり、本多重露光法は、ラフ（粗）露光ステップ、ファイン（微細）露光ステップを含む。ラフ露光ステップとファイン露光ステップは図2の逆の順番で行なっても良く、少なくとも一方のステップに複数回の露光ステップがある場合は、ラフ露光ステップとファイン露光ステップを交互に行う方法もある。ラフ露光とファイン露光の間で現像はしない。

【0052】

また、各露光ステップ間には公知のウエハアライメントステップ等を適宜挿入して像形成精度を上げる方法がある。このように本発明は図2のものにその手順や構成が限定されるものではない。

【0053】

図2が示す手順に従って多重露光を行なう場合、あるマスクのパターン（マスクパターン）と投影露光装置を用いてまずラフ露光を行い、ウエハ等の感光基板をマスクパターンの像で露光する（レジストに潜像を形成する）。本実施形態は投影光学系で解像できる最小線幅以下の極微細な線幅の像を感光基板に露光するものであるため、マスクパターンは最小線幅以下の線幅に対応するパターンを含

んでいる。このようなマスクパターンの一例を図3に示す。

【0054】

図3のパターンは半導体デバイスのASICに用いられる所謂ゲートパターンである。図3中、31はゲート線で、スイッチングを司る主要部分であり、このゲート線の線幅に極微細化が望まれている。一方、32は配線コンタクト部で、この部分32はある程度の面積が必要であるため、ゲート線31に比べて寸法が大きなパターンとなっている。従って、このゲートパターンは投影光学系で解像できる最小線幅以下の像に対応する微細な線パターンとそれに比べて大きめのパターンとが混在している。そのためラフ露光（投影露光）ステップではおおきめのパターンは解像されるが微細線パターンは解像されない。またその際の焦点深度は浅い。

【0055】

次にラフ露光を行った感光基板の同一領域（共通領域）に対して、現像を行わずにファイン露光を行なって、同一領域のレジストを微細線パターンの像で露光することによって多重露光を完了するが、本実施形態のファイン露光は、マスクをそのままにして同一のマスクパターンを対象に、マスクを照明する照明光学系の照明条件とマスクパターンを投影する投影光学系の開口絞りの形態を（ラフ露光の場合に対して）変更した後で行うところが特徴である。

【0056】

図4に、本実施形態のラフ露光とファイン露光のそれぞれで設定される有効光源の形状（照明光学系の開口絞りを投影光学系の開口絞りの開口に投影したの像の形状）と投影光学系の開口絞りの開口形状とマスクとウエハ上の像とを示す。

【0057】

図4に示す通り、本実施形態では、同一のマスクパターンに対して、ラフ露光の際は $\sigma = 0.8$ 程度の有効光源を形成する垂直照明法（通常の照明法）を用いると共に投影光学系の開口絞りとして通常の円形の開口を備える絞りを用い、ファイン露光の際は2重極の（ $\sigma = 0.2$ 程度の円形光源が一对光軸に関して対称にマスクパターンであるゲートパターンアレイの微細線パターンの繰り返し方向であるx方向に並ぶ）有効光源を形成するような斜め照明法を用いると共に投

影光学系の開口絞りとしてマスクパターンであるゲートパターンアレイの微細線パターンの繰返し方向である x 方向に長い長方形の開口を備える絞りを用い、ラフとファインの多重露光を行なう。尚、図 4 中の x 軸と y 軸の各方向は図 3 のゲートパターン中に示した x 軸と y 軸の各方向と揃えてある。

【0058】

このような多重露光を行った時の各パターン像の光強度分布（断面）図の一例を図 5 に示す。図 5 は具体的には図 3 に示したゲートパターンのゲート線の中央部の A-A' 断面の光強度分布を示している。図 5 において、上段はネガレジストに対する露光、下段はポジレジストに対する露光の結果を示し、各段左から順にラフ露光の結果、ファイン露光の結果、そしてラフとファインの二露光の積算結果を示している。

【0059】

図 5 より、ラフ露光だけではゲート線を形成できる許容露光量の幅（露光裕度）が狭いのに対し、二露光（多重露光）ではファイン露光によりコントラストの大きいゲート線パターンの光強度分布が積算されることによって許容露光量の幅がネガレジストに対する露光で約 2 倍、ポジレジストに対する露光では約 3 倍に拡大されていることがわかる。

【0060】

即ち本実施形態の多重露光により露光装置の通常の解像限界よりも解像度の高い（線幅の狭い）パターンの像で被露光基板のレジストを安定して露光し感光させる（潜像を形成させる）ことが可能となる。

【0061】

図 14 で本実施形態のファイン露光で用いた斜め照明法に基く結像の効果を説明する。

【0062】

図 14 中、(A)が通常の露光装置の通常の使用状態で最小線幅のパターンを露光する様子、(B)が通常の使用状態で限界解像の 2 倍の周波数のパターンを露光する様子、(C)が本実施形態の斜め照明法で 2 倍の周波数のパターンを露光する様子、を示す模式図である。

【0063】

図14(A)では、マスク141上の線の繰返しパターン143のピッチP1に対応する1次回折光が投影光学系の開口絞りの開口にぎりぎり入る状態となっている。即ち、投影光学系を通過して結像に寄与する光はマスクを素通りする0次光と正負の1次回折光との3光束である。尚、図14中、142はガラス基板である。

【0064】

図14(B)は、マスク141上の線の繰返しパターン143のピッチP2を図14(A)のピッチP1の $1/2$ としたもので、この場合マスクで回折された1次回折光の出射角 θ_2 は図14(A)の場合の出射角 θ_1 に比べて2倍となる。従って投影光学系の開口絞りの開口に入るのは0次光のみとなり、即ち投影光学系を通過して結像に寄与する光はマスクを素通りする0次光だけであり、線の像は解像されない。

【0065】

図14(C)は、図14(B)と同じく図14(A)のピッチP1の $1/2$ のピッチのパターン143を用いるが、入射光を投影光学系の光軸に対して傾けて斜入射照明とした場合であり、入射光の入射角 θ_3 は図14(B)の出射角 θ_2 の $1/2$ としている。この場合図示するように0次光と正負の1次回折光の進行方向がそれぞれ斜め方向に同じ側にシフトするので、正負の1次回折光の内のどちらか一方の1次回折光（図は-1次の場合を示している）と0次光とが投影光学系の開口絞りの開口に入り、2光束が投影光学系を通過して結像に寄与する。

【0066】

従って線の像は解像される。この2光束干渉による結像において0次光と1次回折光が結像面で成す角度は図14(A)の通常照明の場合の3光束干渉の角度の2倍であり、従って解像度は図14(A)の場合の2倍となる。

【0067】

以上の説明は1次元的な見方であり、もしマスクが微細な線露光専用で1次元の周期パターン（繰返しパターン）だけ形成してあれば上記の斜入射照明によって微細な線を露光することが可能であるが、一般的なマスクはパターンの方向

性が2次元であり投影光学系の開口絞りは円形開口を備えているため、マスクからの光は円形開口内で2次元的に分布し、斜入射照明を行っても図14(C)で説明した2光束干渉の解像度が通常の2倍という利点を得られない。

【0068】

このことから、本実施形態はゲートパターン等の回路パターンに含まれる微細な線パターンを解像度が通常の2倍或いはそれに近い条件で露光するのが目的であるので、図14の構成による通常の一回露光では目的を完全に達成できないことが分かる。

【0069】

そこで本願発明者は鋭意検討を重ね、同一パターンに対して大 σ の垂直照明と小 σ の斜め照明を行なう多重露光を採用するだけでなく、斜め照明の際に投影光学系の開口絞りとして解像限界以下の微細な線からの回折光を選択的に通過させる長方形の開口を有する絞りを配置することによって目的を達成した。

【0070】

本発明の露光装置の一実施例を図1に示す。

【0071】

図1において、11は露光用の光源であり、KrFエキシマレーザー（波長約248nm）、ArFエキシマレーザー（波長約193nm）又はF2エキシマレーザー（波長約157nm）が使用できる。これらのレーザーは必要に応じて共振器内に分光素子を配置して狭帯域化レーザーとして用いられる。

【0072】

12は照明光学系、13は照明光学系12の照明モードの模式図、14は回路パターンが形成されたマスク、15は照明光学系の開口絞り交換手段、16は交換用開口絞り、17はレチクルステージ、18は投影光学系で、屈折系、反射－屈折系、又は反射系のいずれかより成る。

【0073】

19は投影光学系の開口絞り、20は投影光学系の開口絞り交換手段、21は感光基板であるところのレジスト付シリコンウエハ、22はウエハ21を保持して投影光学系18の光軸方向及びこの光軸方向に垂直な平面に沿って2次元的に

移動するウエハステージである。

【0074】

この露光装置はステップアンドリピート方式やステップアンドスキャン方式でウエハ21の多数のショット領域にマスク14の回路パターンを縮小投影露光する装置である。

【0075】

この露光装置で前述のラフ露光を行なう場合は、マスク14に対し、照明モード図13中(1)で示したように通常の部分コヒーレント垂直照明即ち照明光学系12で大NA、大 σ ($\sigma=0.6\sim0.8$ 程度)の円形開口を持つ開口絞り(1)を用いると共に投影光学系18で径が略最大の円形開口を持つ開口絞り(1)'を用いて、マスク14のパターンをウエハ2のレジストに結像させる。

【0076】

次に、この露光装置で前述のファイン露光を行う場合は、ラフ露光と同一のマスク14に対し、マスク14とウエハ21は基本的にそのまま、照明モード図13中(2)で示したように小NA、小 σ ($\sigma=0.1\sim0.3$ 程度)の斜入射照明即ち照明光学系12で開口絞り(2)を用いると共に投影光学系18の開口で絞りについては斜入射照明により開口絞り位置で0次光と1次回折光が並ぶ方向(換言すればマスク14の微細な線の繰り返し方向)に長手方向を持つ長方形の開口を備える開口絞り(2)'を用いて、マスク14のパターンをウエハ21の同一(共通の)領域に結像させてる。

【0077】

照明光学系12の開口絞り(1)と(2)は開口絞り交換手段16により交換し、投影光学系の18の開口絞り(1)'と(2)'は開口絞り交換手段20によって交換する。

【0078】

開口絞り交換手段15としては、図6に示すように、ファイン露光用とラフ露光用の2つの開口絞り(フィルタ)63、64を1つの保持具61に固定しておき、この保持具61を照明光学系12の光軸に垂直な方向に平行にスライドさせて一方の開口絞りを選択的に照明光学系12の光路62内に配置する手段や、図

7に示すように、複数の開口絞り（フィルタ）73-77を円盤状の保持具71（ターレット）に固定しておき、この保持具71を照明光学系12の光軸に垂直な面内で回転させて一つの開口絞りを選択的に照明光学系12の光路72内に配置する手段等がある。

【0079】

一方、開口絞り交換手段20としては、図8に示すように、長方形開口を備える開口絞り（フィルタ）85を不図示の保持具に保持しておき、ファイン露光時にこの保持具を投影光学系18の光軸に垂直な方向に平行にスライドさせて投影光学系18内の所定位置（瞳位置）に開口絞り85挿入して固定し、ラフ露光時にはこの保持具を平行にスライドさせて保持具ごと開口絞り85を投影光学系の光路から退避させる手段や、図9に示すように投影光学系18に対して外側より2枚の遮光板95を投影光学系18の光軸に垂直な方向に平行にスライドさせて光路96内の所定位置まで挿入して固定することにより光路の中心部に長方形の開口を形成する手段等がある。

【0080】

更に、図10に示すように機構102、103によって図8の手段の保持具や開口絞り85を駆動して回転可能にしたり、図9の手段において2枚の遮光板と遮光板挿入退避手段とを回転可能にしたりして、長方形開口の方位を変更できるようにする構成を採ったり、長方形開口の方位が異なる複数種の開口絞りと開口絞り挿入退避交換手段を設けたりする構成を採り、後述する実施例に用いることもある。

【0081】

前述の実施形態は集積化されたゲートパターンを2重露光（途中で現像しないで異なる条件で2回露光する）するものであったが、以下には集積化されたゲートパターンを3重露光で行なう実施形態を説明する。

【0082】

本実施形態は図11に示すようにゲートパターン同志が集積化された場合に、より適した露光方法および露光装置の一例であり、図1、図7及び図10が示す投影露光装置が用いられる。

【0083】

本実施形態では図12に示すように、2左のラフ露光と中央のファイン露光1に加えて右のファイン露光2の3重露光を行うことによりゲートパターン像同志のx y方向のそれぞれの分離境界を強調できる。

【0084】

本実施形態のラフ露光とファイン露光1は露光量などに違いはあるものの基本的に前述の図4で説明した実施形態と同じ露光を行なうが、ファイン露光2は、2重極有効光源を形成する斜入射照明と長方形開口の開口絞りによる空間周波数調整（フィルタリング）を行う点はファイン露光1と同様であるが、マスクパターンは維持して、開口絞りの長方形開口の方位を（必要に応じて有効光源の方位も）ファイン露光1の状態から90度回転させて配置して露光を行なう。これによって集積化されたことで高い解像度が必要となったy方向（紙面上下）の解像度を高め、更に斜入射照明の方向と異なることで、より好ましい強度分布を構成している。

【0085】

本発明は以上説明した実施例に限定されるものではなく本発明の趣旨を逸脱しない範囲において露光シーケンス等も種々に変更する事が可能である。

【0086】

特に照明光学系12の開口絞りの開口形状や投影光学系18の開口絞りの形状はウエハに転写すべき回路パターンに合わせて適宜選択される。例えば照明光学系の開口絞り16としては輪帯状の開口を持つ絞り（図7の絞り77）や光軸外に4つの開口を持つ絞り（図7の絞り76）等も使用でき、投影光学系18の開口絞り19としては楕円状開口を持つ絞りや光軸外に4つの開口を持つ絞り等を用いることができる。これに関してファイン露光の変形例(1)-(3)を図13に示す。

【0087】

以上説明した各実施形態によれば、通常の投影露光装置と一枚のマスク或いはそれぞれに若干の改良を施しただけで、装置の限界解像以下の線幅のパターンを有する回路パターンを二重露光や三重露光によってウエハに露光できるので、装

置間のウェハの移動、マスクの交換等が不要であり、二重露光や三重露光に要する時間を短くできる。次に投影光学系 18 の開口絞りの開口形状を換えずにラフ露光とファイン露光を行なう実施形態を説明する。本実施形態は図1及び図7が示す投影露光装置により行なう露光方法に関するものである。

【0088】

本実施形態の特徴は、露光装置の解像限界以下の線幅の微細な孤立パターンを有する回路パターンのこの微細な線に補助パターンを付設し、この補助パターン付回路パターンを、途中で現像を行なわないで、大 σ の垂直照明によるラフ露光と小 σ の斜め照明によるファイン露光との二重露光を行なう点にあり、ラフ露光で $0.5\lambda/NA$ 以上の大き目のパターンを優先的に解像し、ファイン露光で $0.5\lambda/NA$ 以下の微細パターンを優先的に解像する。ここで、 λ は露光光の波長、 NA は投影光学系の像面側の開口数である。

【0089】

本実施形態の場合、投影光学系 18 の開口絞りはラフ露光とファイン露光の双方で図1の円形開口を備える開口絞り(1)'を用い、照明光学系 12 の切り替えられる開口絞りとしては、ラフ露光は図7の通常の中央円形開口を持つ絞り73、ファイン露光は図7の4つの軸外開口を持つ絞り76や輪帯開口を持つ絞り77が用いられる。照明光学系 12 のこれらの開口絞りは先の実施例で述べた方法により切り換えられる。

【0090】

図17は絞り76の開口像（有効光源）を示す図、図18は絞り77の開口像（有効光源）の図、図19は絞り73の開口像（有効光源）の図であり、これらの開口像は0次光で投影光学系の開口絞りの開口内（瞳）に形成される。

【0091】

補助パターンの付設の仕方について述べる。

【0092】

パターンの幅 w が $0.5\lambda/NA$ 以下の孤立した微細パターンに対して補助パターンを付ける。この時、片側のみ孤立している微細パターンには孤立している片側のみに補助パターンを付ける。補助パターンの線幅 w' は大凡 $0.25\lambda/NA$

A以下に設定され、微細パターンと孤立パターンの間隔 s は線幅 w' と同じ値または近い値にするのが有効である。

【0093】

尚、微細パターンが繰り返しパターンを構成している場合や補助パターンを付設できないくらい多数密集している場合には、補助パターンは付けない。

【0094】

また、補助パターンの位相（そこを通過する露光光の位相）を対象とするものの位相（そこを通過する露光光の位相）に対して反転させてリム型の位相シフトマスクとしてもいい。この時、対象としている微細パターンが光透過部でその回りが遮光部の場合には微細パターンに対して補助パターンの位相を反転させ、対象としている微細パターンが遮光部でその回りが光透過部の場合には回りの部分に対して補助パターンの位相を反転させる。

【0095】

図16-1は前述の実施形態でも採り上げたゲートパターンの微細な2本の幅 w の線に補助パターンを付設した例であり、図16-1の例は一对のゲートパターンを間隔 s をあけて幅 w' の補助パターンで取り囲んだものである。図16-2はゲートパターンの微細な線に光透過部に対して位相を反転させた斜線で示す幅 w' のリム型の補助パターンを付設した例を示す。

【0096】

本実施形態の露光方法による二重露光の結果を図20に示す。

【0097】

ここでの二重露光は像側開口数NAが0.6の投影光学系と波長 λ が248nmの露光光を用いた。図20は図16-1のように

$w = 0.12 \mu\text{m}$ の微細線を有するゲートパターンの回りに

$w' = s = 0.03 \mu\text{m}$ の補助パターンを付設したマスクを用いた。

【0098】

図20の上段は図17の有効光源を形成する照明光でファイン露光を行なった結果を、図20の中段は図19の有効光源を形成する照明光でラフ露光を行なった結果を、図20の下段はこのファイン露光とラフ露光の二重露光を行なった結

果を示す。

【0099】

図20が示す通り、ラフ露光の場合は2つの微細な線が解像されないでボケて露光させるのに対し、ファイン露光の場合には2つの微細な線が解像されているが、2つの線の間隔が開きすぎていてゲートパターンとして必要な形状が得られていないが、二重露光の場合は2つの微細な線が解像され且つゲートパターンとして必要な形状が得られている。

【0100】

このように本実施形態においても、通常の投影露光装置と一枚のマスク或いはそれぞれに若干の改良を施ただけで、装置の限界解像以下の線幅のパターンを有する回路パターンを二重露光によってウエハに露光できるので、装置間のウエハの移動、マスクの交換等が不要であり、二重露光に要する時間を短くできる。

【0101】

以上説明した各実施形態において、ウエハ21の多数個のショット領域にラフ露光とファイン露光の二重露光を行なう場合、各ショット毎に二つの露光を行なう形態、一方の露光を1枚又は1ロットの複数枚のウエハの全てショットに対して行なった後で、現像することなく、他方の露光をこの1枚又は複数枚のウエハの全てショットに対して行なう形態が採れる。

【0102】

更に、二つの露光の照明光を互いに偏光方向が直交する直線偏光光として、二つの露光に使用する光が干渉しないようにして、二つ露光を同時に行なうことも可能である。

【0103】

また、本発明は、ネガレジスト及びポジレジストのどちらにも対処できる。

【0104】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、短い時間で、二重露光や三重露光などの多重露光が行なえる露光方法や露光装置を提供でき、従って、微細パターンを有するデバイスを早く製造できるデバイス製造方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の露光装置の一例を示す図である。

【図 2】

本発明の露光方法のフローの一例を示す図である。

【図 3】

ゲートチャート形状を示す模式図である。

【図 4】

本発明の露光方法の実施形態 1 の露光条件と像強度を示す模式図である。

【図 5】

実施形態 1 の微細な線の部分の強度分布と露光裕度を示す模式図である。

【図 6】

照明光学系の開口絞り交換手段の一例を示す模式図である。

【図 7】

照明光学系の開口絞り交換手段の他の例を示す模式図である。

【図 8】

投影光学系の開口絞り交換手段の一例を示す模式図である。

【図 9】

投影光学系の開口絞り交換手段の他の例を示す模式図である。

【図 10】

投影光学系の開口絞りの回転手段の一例を示す模式図である。

【図 11】

集積化されたゲートチャートの一例を示す模式図である。

【図 12】

本発明の露光方法の実施形態 2 の露光条件と像強度を示す模式図である。

【図 13】

ファイン露光の他の実施例を示す模式図である。

【図 14】

斜入射照明の効果を示す説明図である。

【図 15】

通常の投影露光装置を示す概略図である。

【図 16】

本発明の露光方法に関連する実施形態で用いる補助パターン付ゲートパターンの一例を示す説明図である。

【図 17】

本発明の露光方法に関連する実施形態で用いる補助パターン付ゲートパターンの他の例を示す説明図である。

【図 18】

有効光源の一例を示す図である。

【図 19】

有効光源の他の例を示す図である。

【図 20】

有効光源の他の例を示す図である。

【図 21】

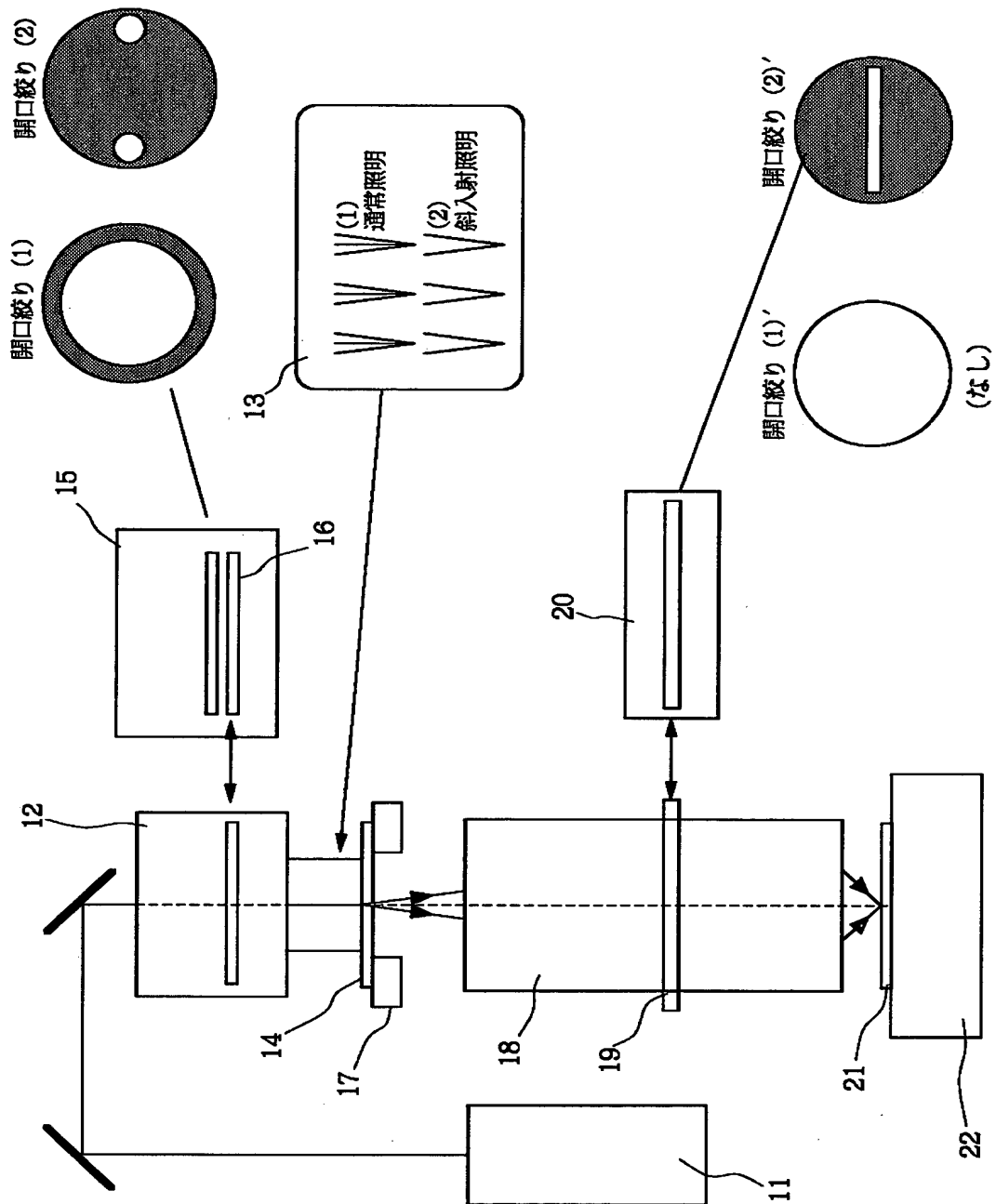
実施形態 3 の二重露光の効果を示す説明図である。

【符号の説明】

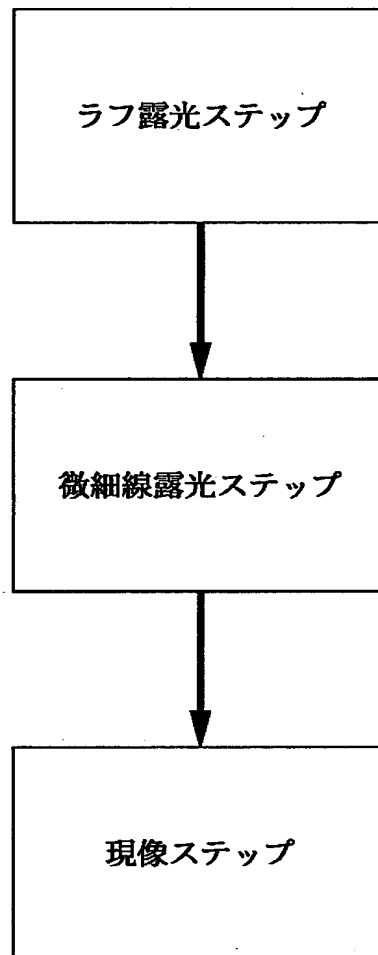
- 11 露光光源
- 12 照明光学系
- 13 照明モード
- 14 マスク
- 15 照明光学系の開口絞り交換手段
- 16 照明光学系の開口絞り
- 17 マスクステージ
- 18 投影光学系
- 19 投影光学系の開口絞り
- 20 投影光学系の開口絞り交換手段
- 21 ウエハ
- 22 ウエハステージ

【書類名】 図面

【図 1】

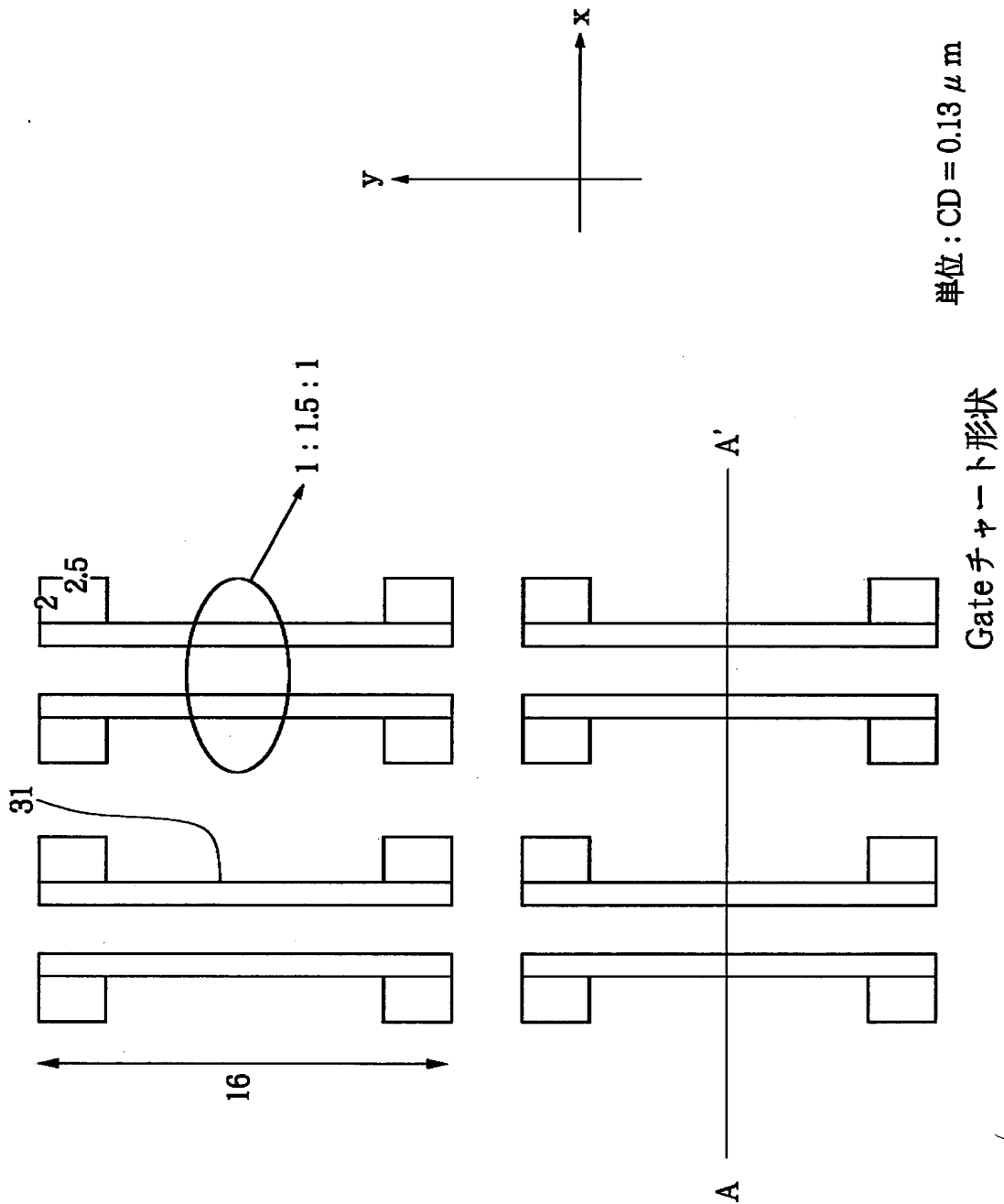


【図2】

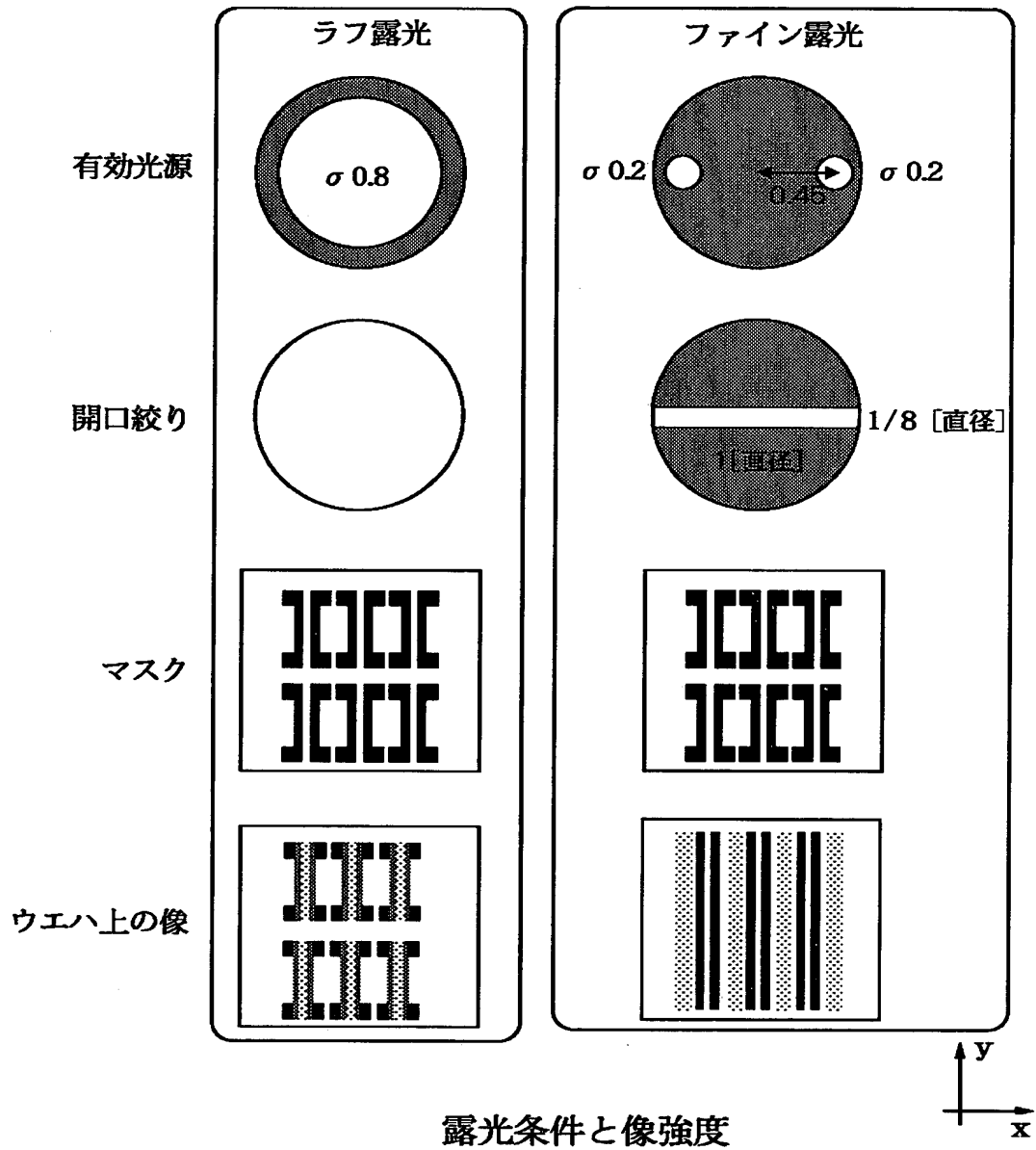


フローチャート

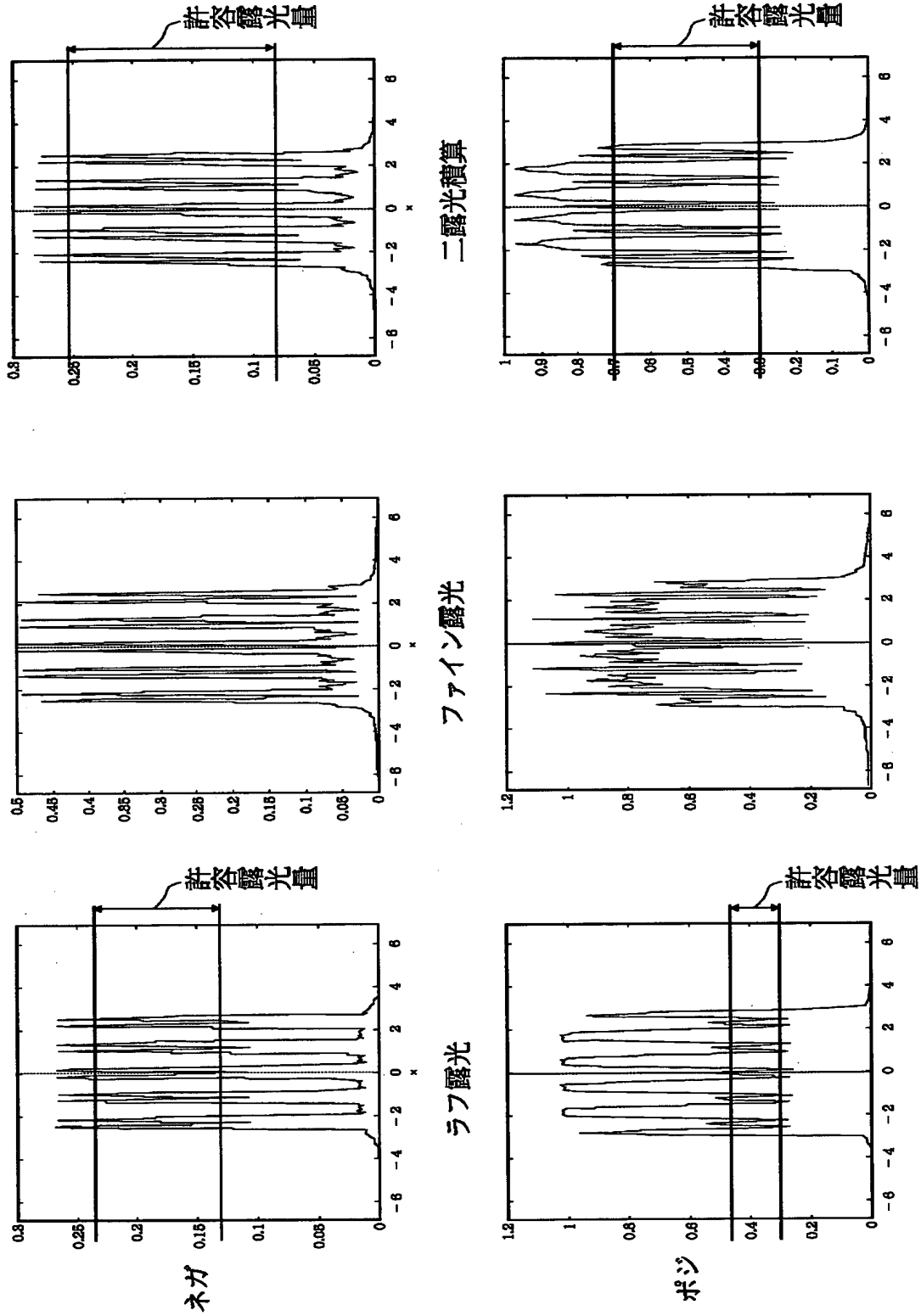
【図 3】



【図 4】

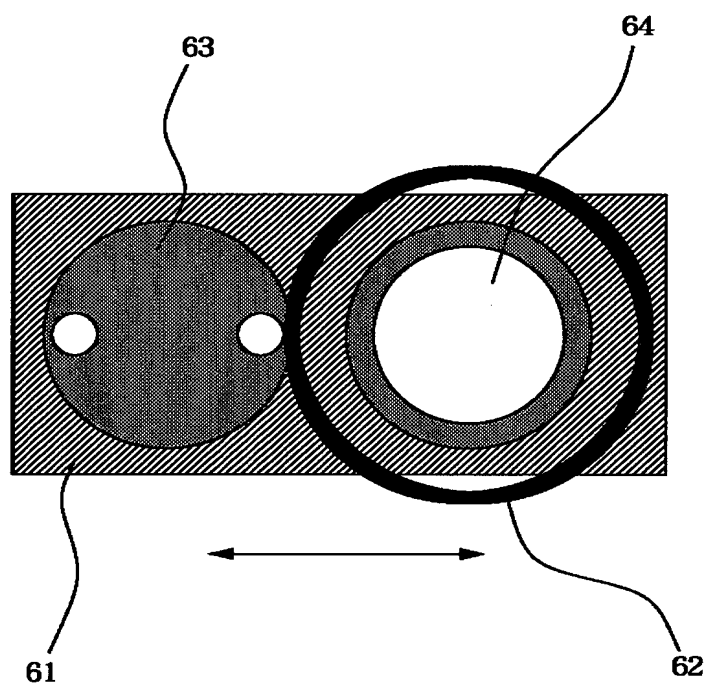


【図5】

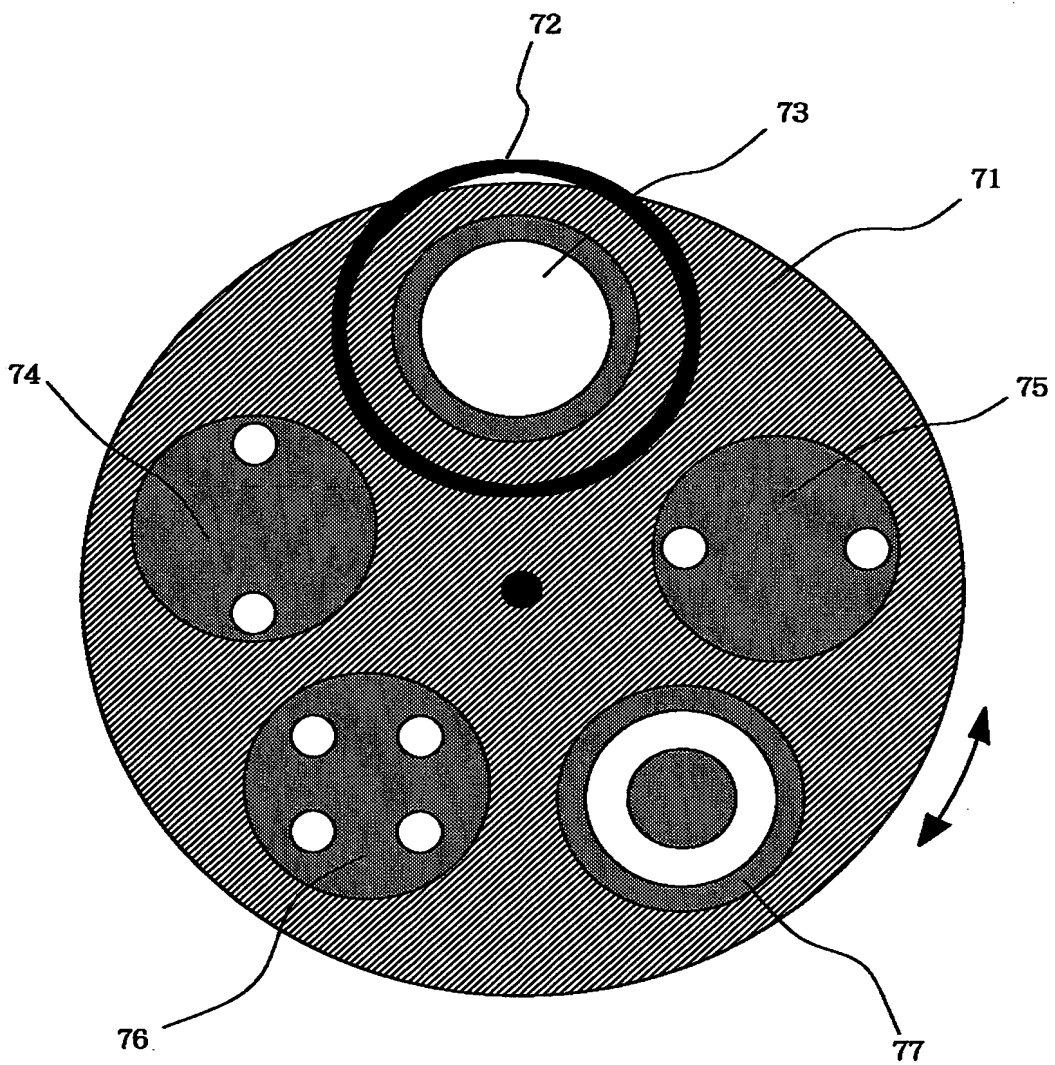


ゲート線部分強度分布と露光裕度

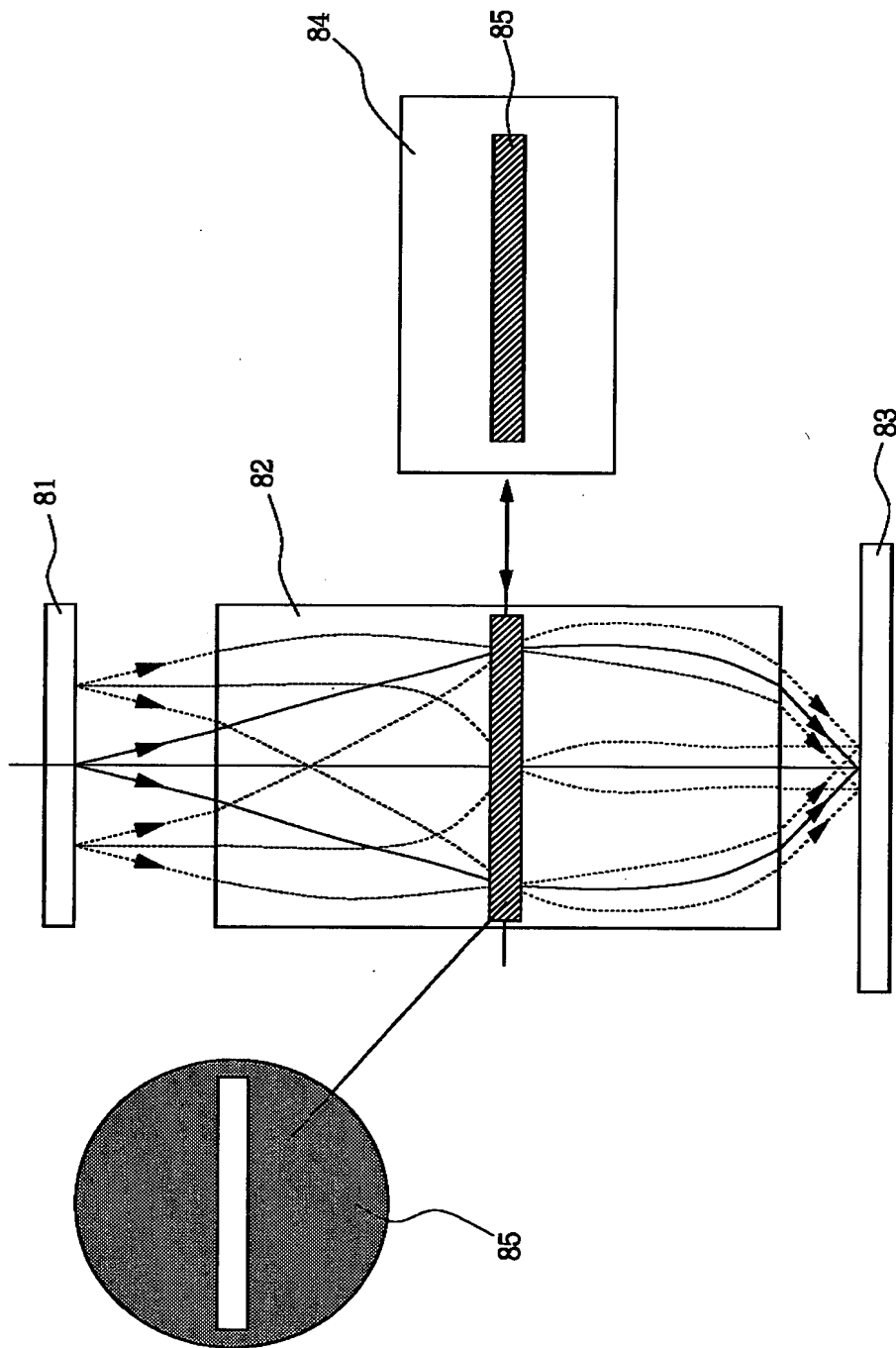
【図 6】



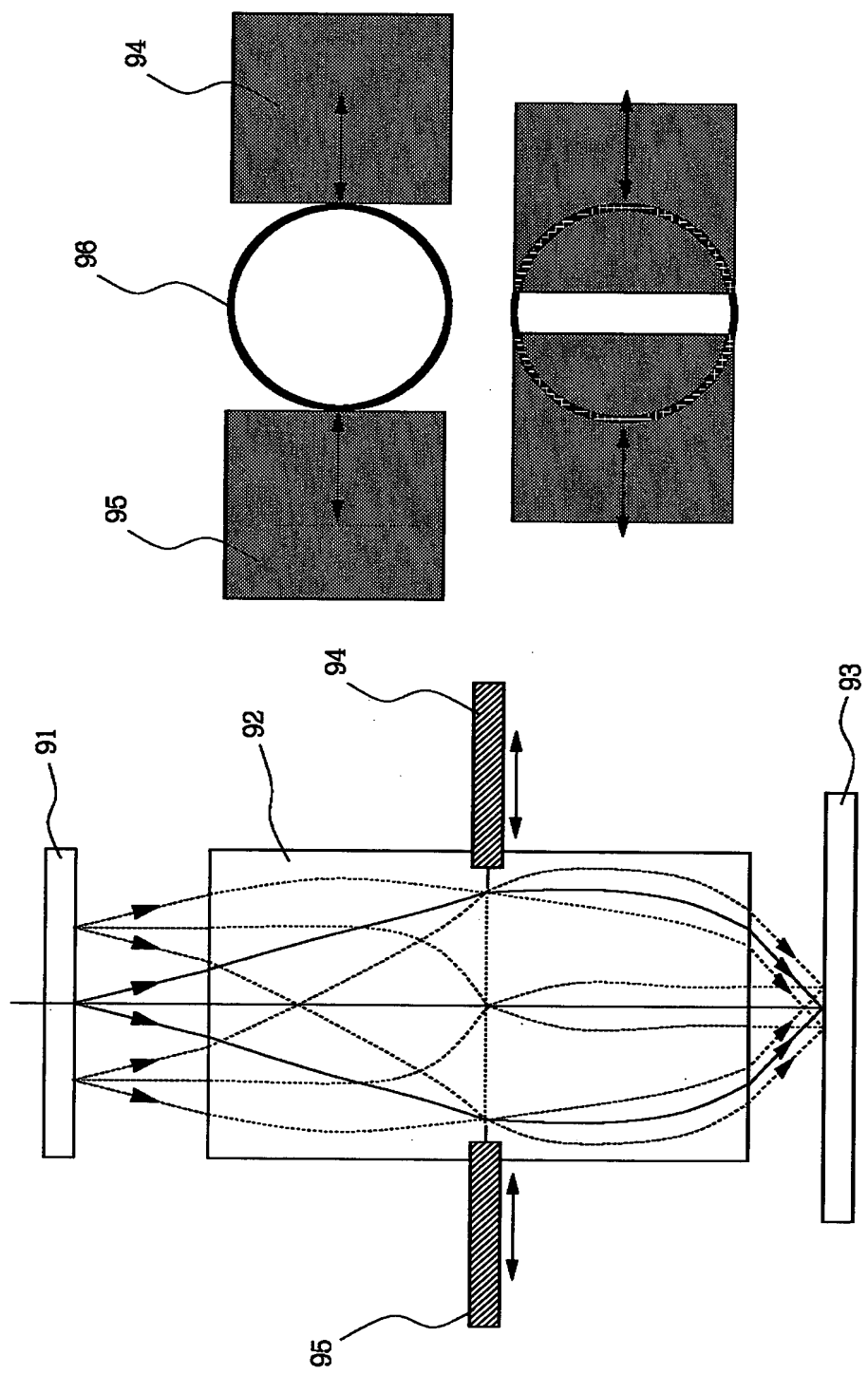
【図 7】



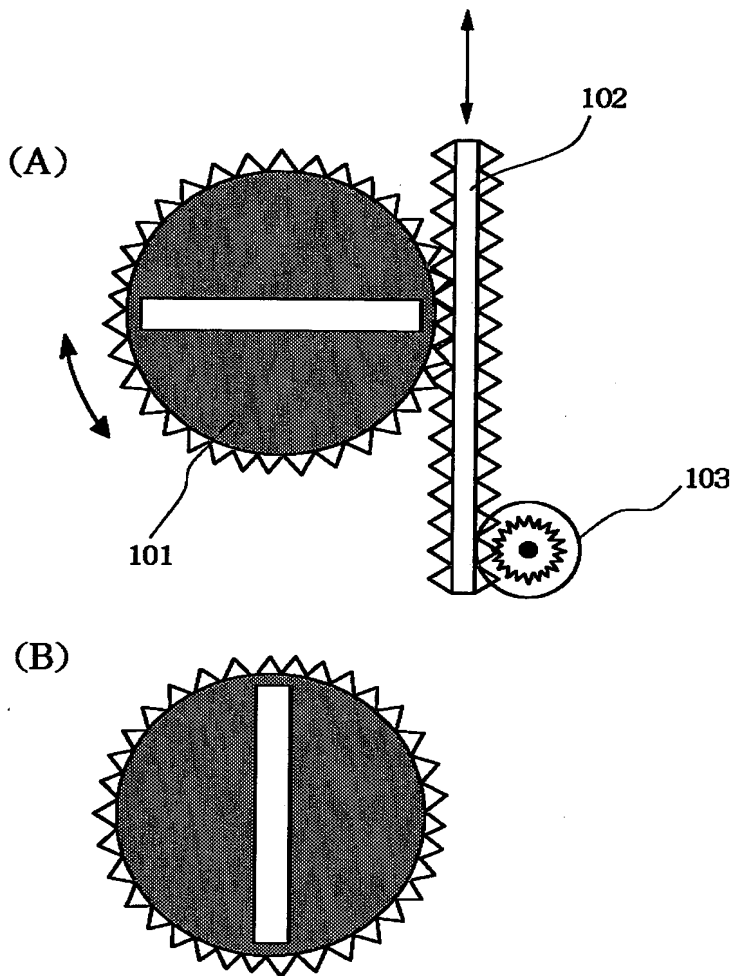
【図 8】



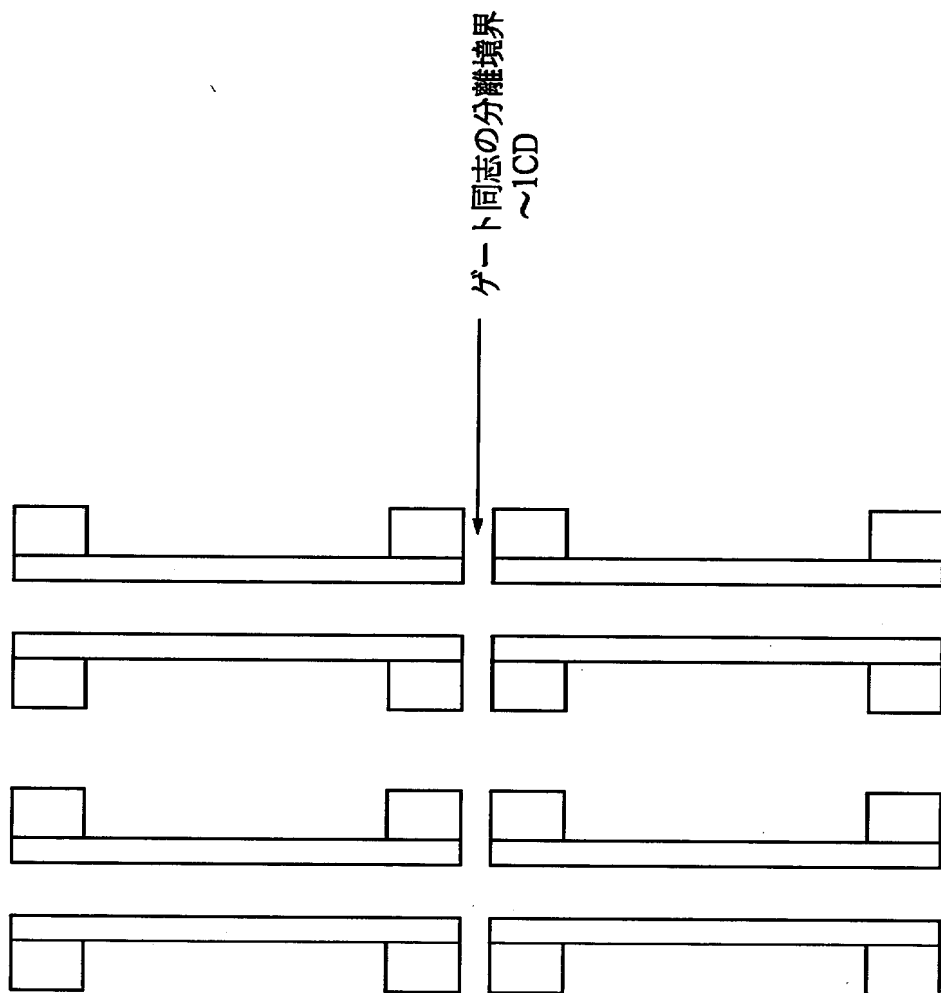
【図 9】



【図 1 0】

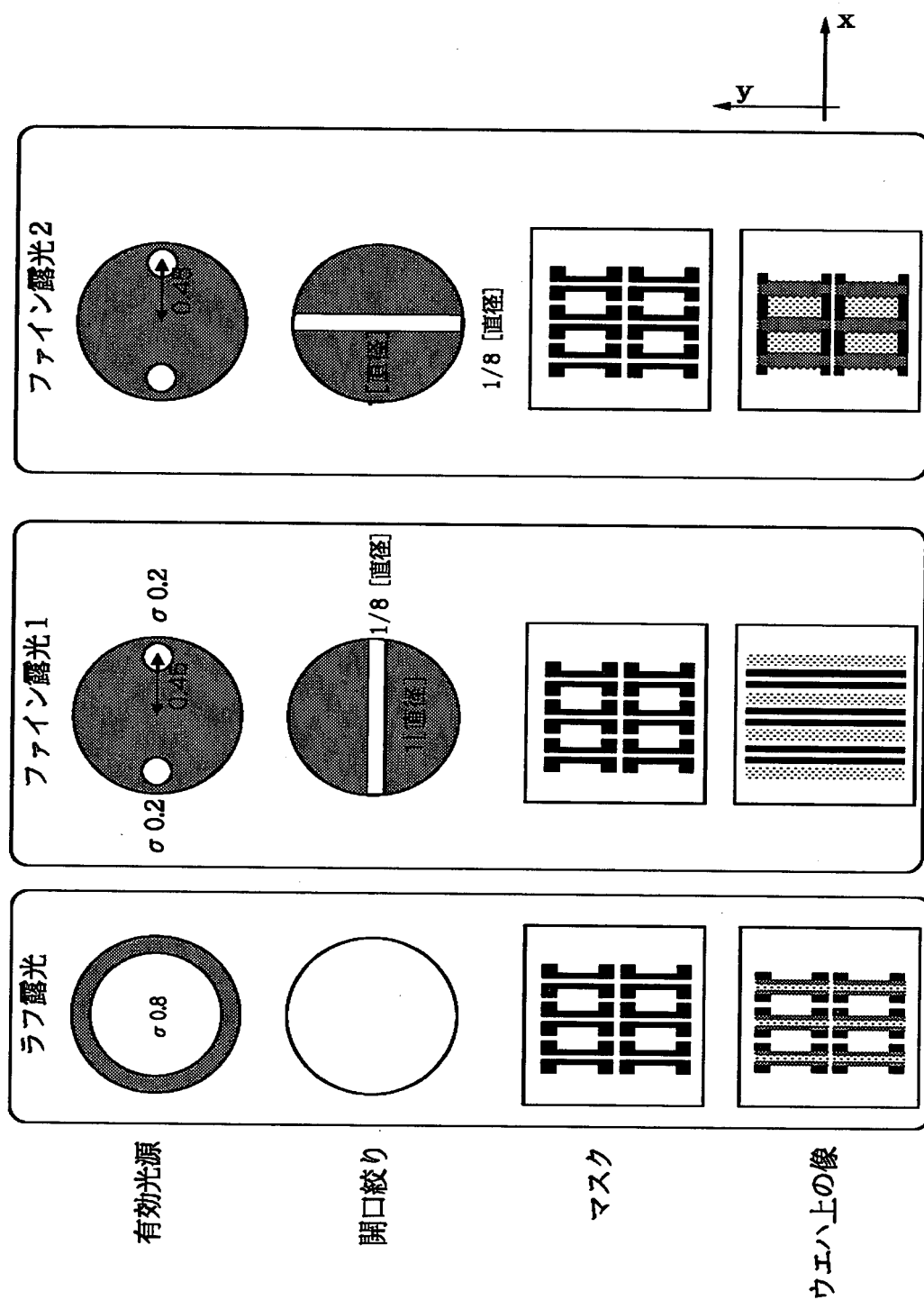


【図 11】



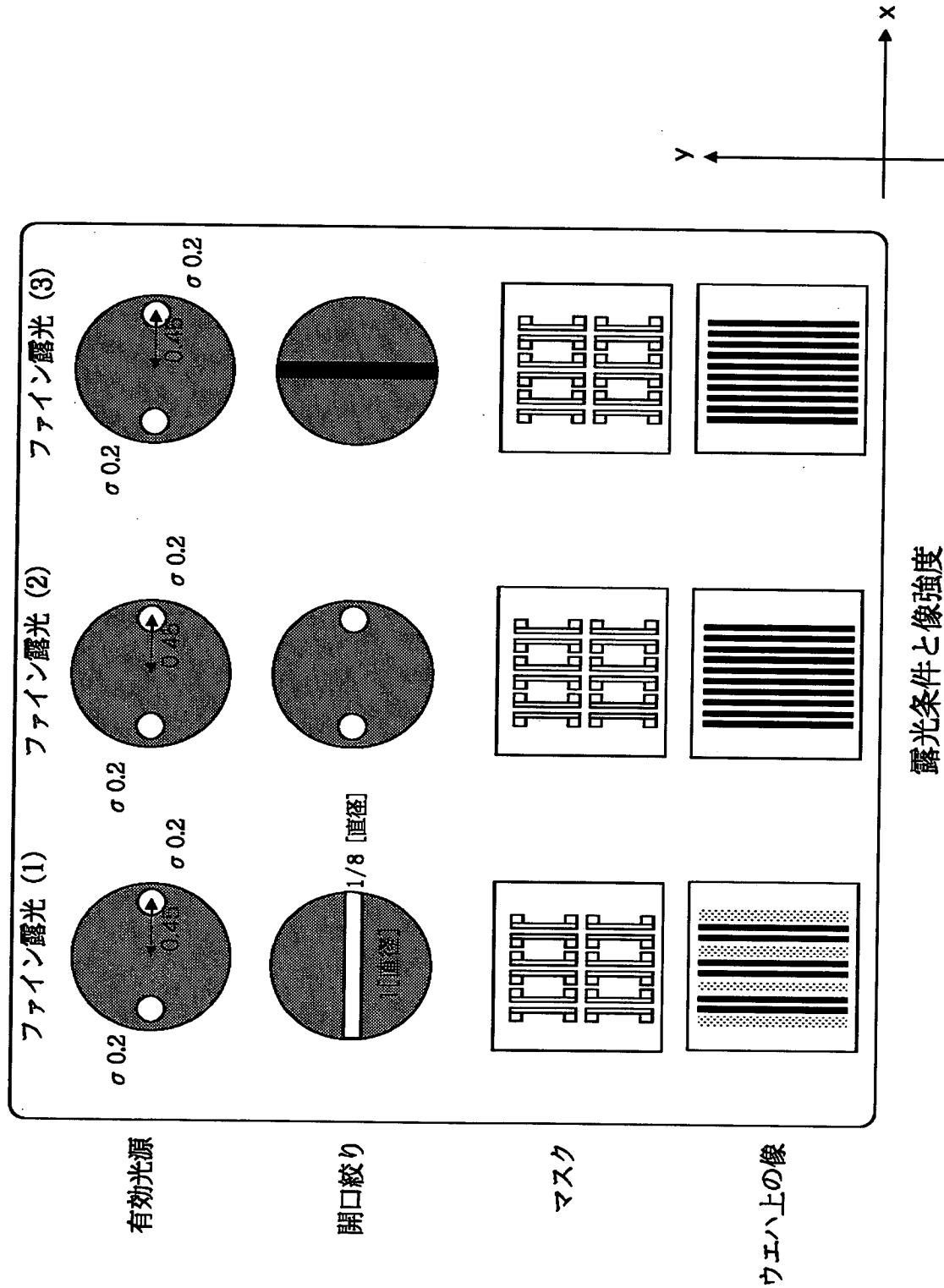
集積化された Gate チャート

【図 12】

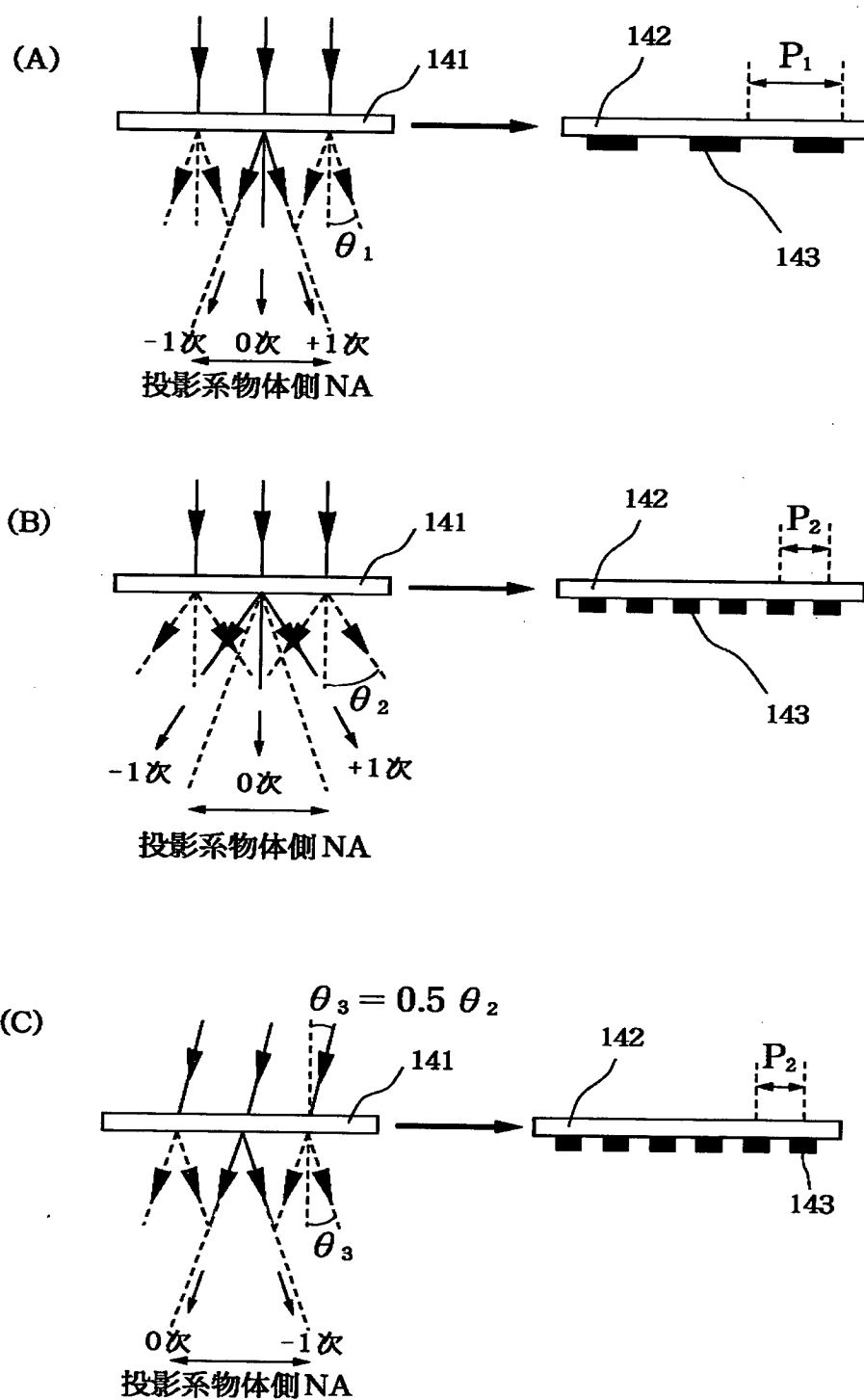


露光条件と像強度

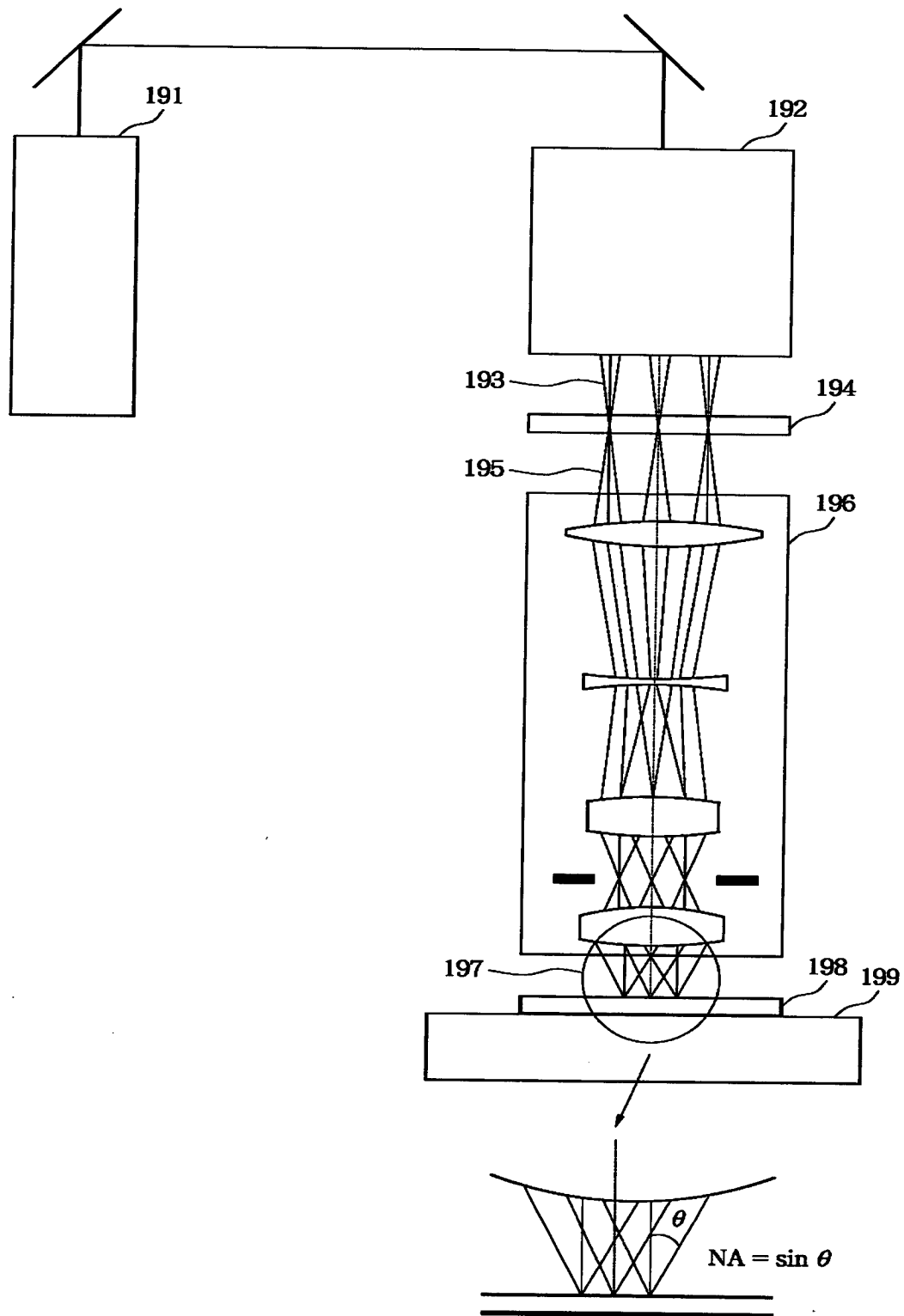
【図 13】



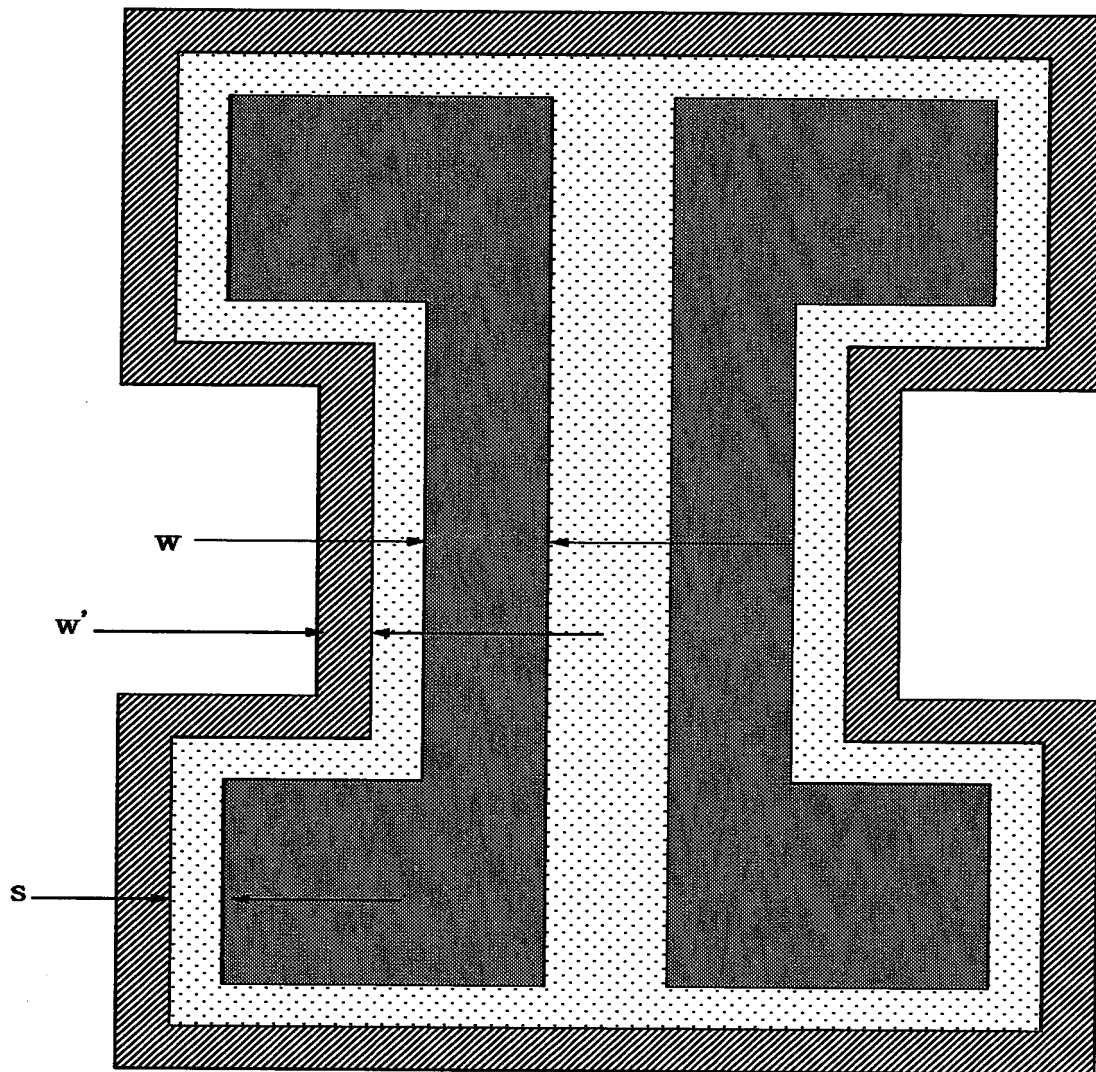
【図 14】



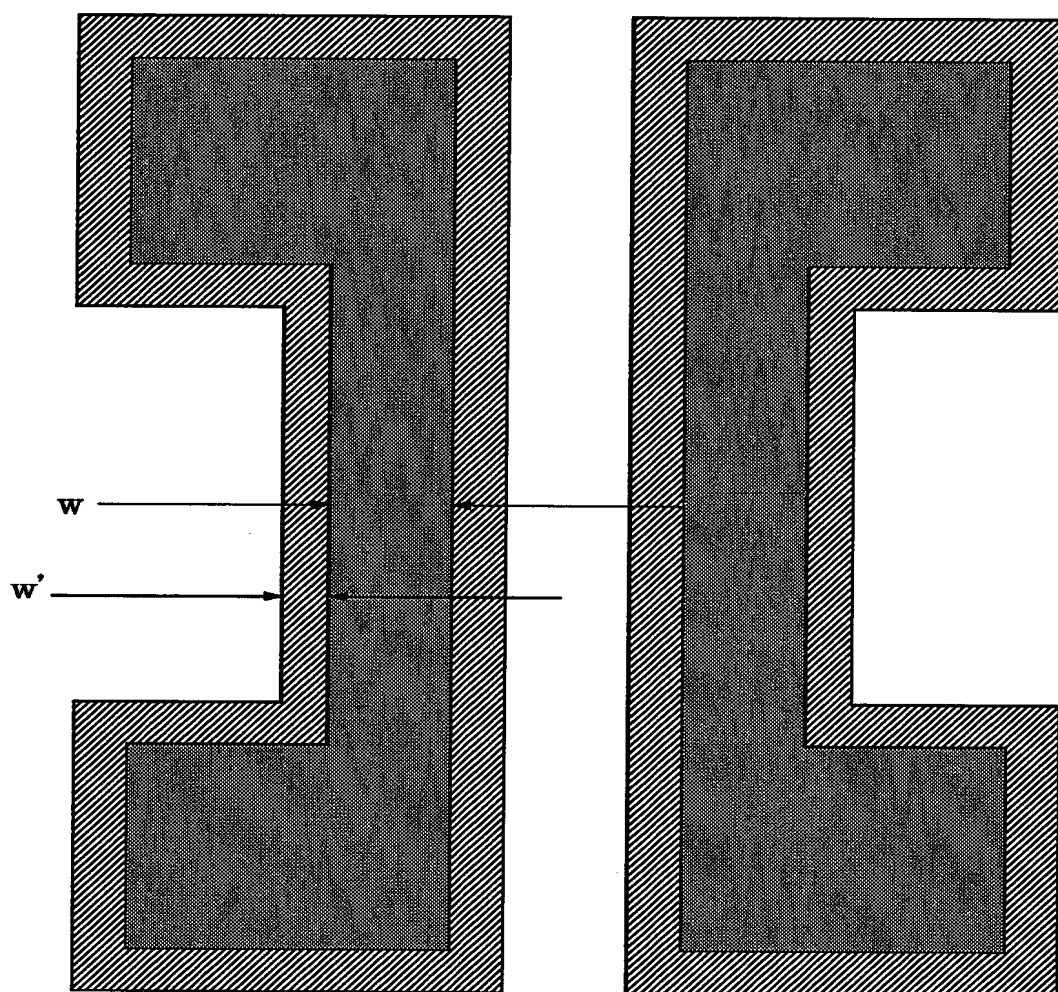
【図 1 5】



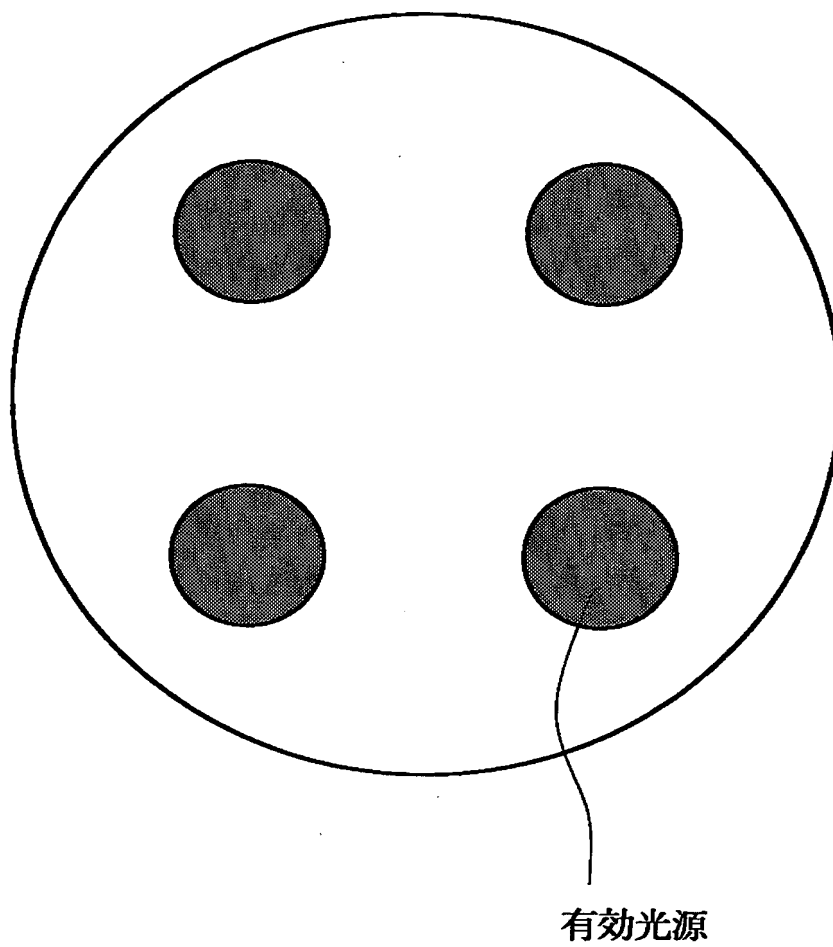
【図 16】



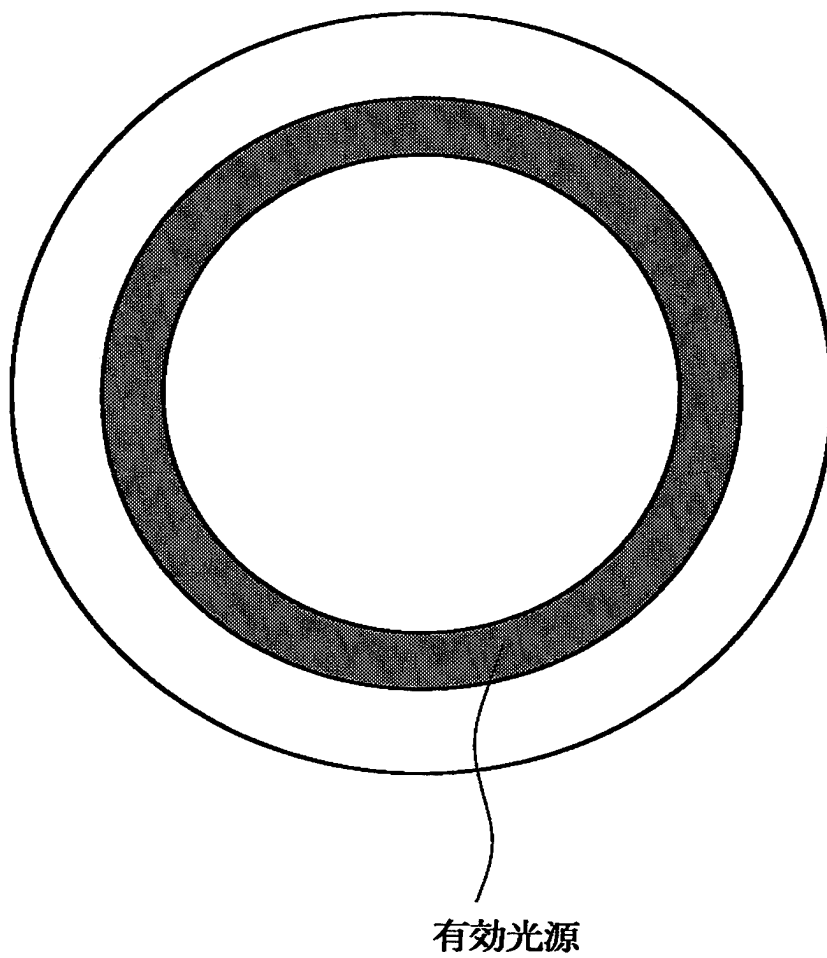
【図 17】



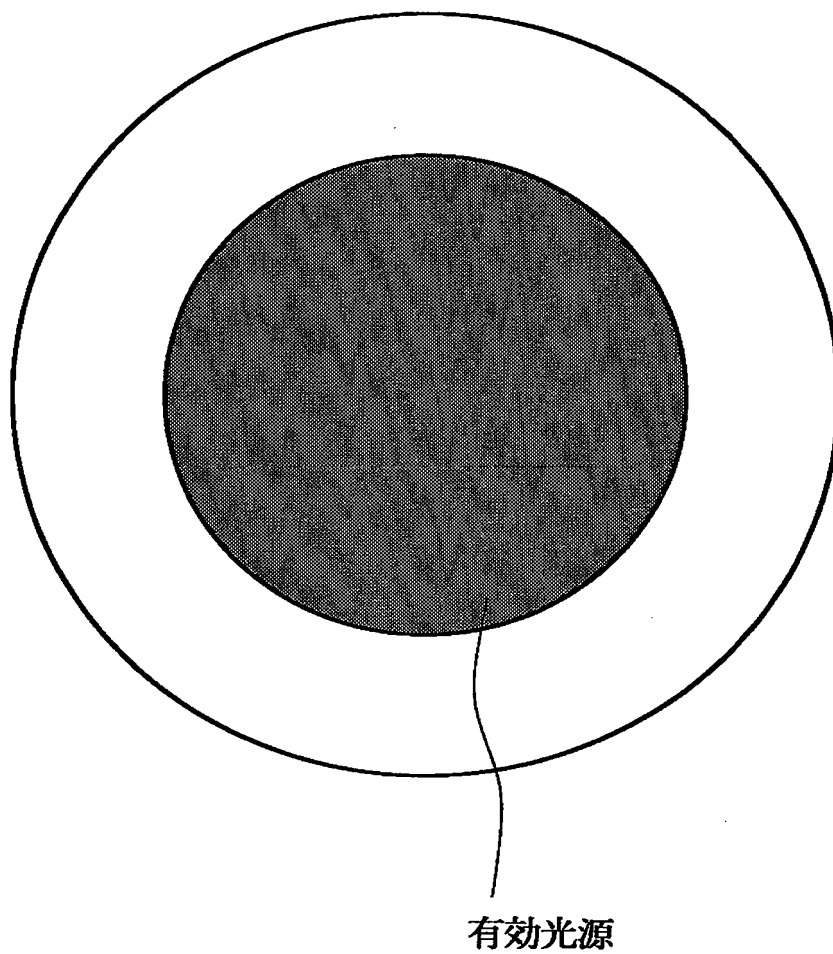
【図 18】



【図 19】



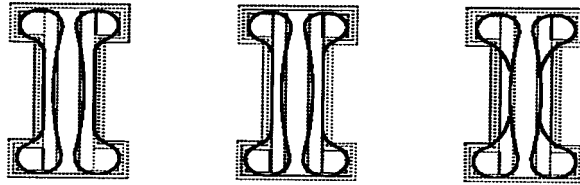
【図 20】



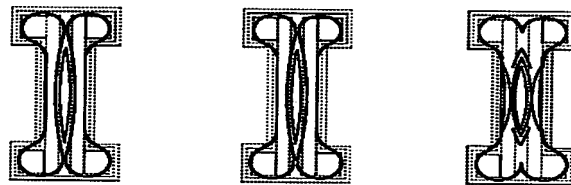
【図 2 1】

微細パターン露光

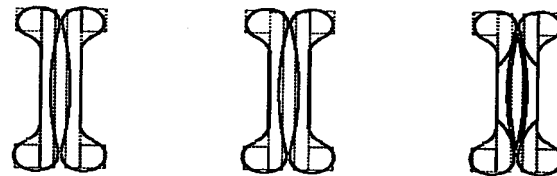
defocus = 0 defocus = ± 0.2 defocus = ± 0.4



ラフパターン露光



二重露光



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 多重露光に要する時間を短くする。

【解決手段】 投影露光装置に設置したマスクのゲートパターンで、ウエハに対して、途中で現像することなく、小 σ の斜め照明によるファイン露光と大 σ の垂直照明によるラフ露光の多重露光を行なう。ファイン露光の際は投影光学系の開口絞りとして長方形開口を持つ絞りをを用い、ラフ露光の際は投影光学系の開口絞りとして円形開口を持つ絞りをを用いる。

【選択図】 図4

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100069877

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3-30-2 キヤノン株式会
社内

【氏名又は名称】 丸島 儀一

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社